



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARÍA ACADÉMICA

DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR

PROGRAMA SINTÉTICO



**UNIDAD ACADÉMICA:** UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA EN INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS AVANZADAS.

**PROGRAMA ACADÉMICO:** Ingeniería Mecatrónica.

**UNIDAD DE APRENDIZAJE:** Teoría Electromagnética.

**NIVEL:** II

**PROPÓSITO DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE:**

Analiza los campos electromagnéticos variables en el tiempo, los parámetros constitutivos y las condiciones a la frontera, con base en las ecuaciones de Maxwell.

**CONTENIDOS:**

- I.- Medios dieléctricos, magnéticos y condiciones de frontera.
- II.- Ley de inducción de Faraday y ecuaciones de Maxwell.
- III.- Ecuación de onda para el campo electromagnético.
- IV.- Propagación de ondas electromagnéticas.

**ORIENTACIÓN DIDÁCTICA:**

Esta unidad de aprendizaje se abordará mediante la estrategia de aprendizaje basado en problemas, aplicando los métodos analítico, deductivo, inductivo y analógico. Las técnicas y actividades utilizadas serán las siguientes: análisis y resolución de ejercicios individualmente y en equipo, organizadores gráficos, algoritmos computacionales, exposiciones, discusión guiada e indagación bibliográfica.

**EVALUACIÓN Y ACREDITACIÓN:**

La presente Unidad de Aprendizaje se evaluará a partir del esquema de portafolio de evidencias, el cual se conforma de: evaluación formativa, sumativa y rubricas de autoevaluación y coevaluación.

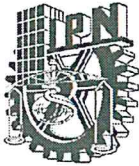
Esta unidad de aprendizaje también se puede acreditar mediante:

- Evaluación de saberes previamente adquiridos, con base en los lineamientos establecidos por la Academia.
- Acreditación en otra unidad académica del IPN u otra institución educativa, nacional o internacional, externa al IPN, con la cual se tenga convenio.

**BIBLIOGRAFÍA:**

1. Cheng D. K. (1998). Fundamentos de electromagnetismo para ingeniería (2ª Edición). México: Pearson Universitario. ISBN: 978-9684443273.\*
2. Hayt W. H. & Buck J. A. (2005). Engineering electromagnetics with CD (7<sup>th</sup>. Edition). USA: McGraw Hill. ISBN: 978-0073104638.
3. Singh G. & Hizioglu H. (2004). Electromagnetic field theory fundamentals (2ª Edition). UK: Cambridge University Press. ISBN: 978-0534955045.
4. Ulaby F. T., Michielssen E. & Ravaioli (2010). Fundamentals of applied electromagnetics (6<sup>th</sup> Edition). USA: Pearson Prentice Hall. ISBN: 978-0132139311.
5. Wangsness R. K. (1998). Campos electromagnéticos (1ª Edición). México: Limusa. ISBN: 978-9681813161.\*

\* Libro clásico.



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARÍA ACADÉMICA

DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR



**UNIDAD ACADÉMICA:** Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas.

**PROGRAMA ACADÉMICO:** Ingeniería Mecatrónica.

**SALIDA LATERAL:** N/A.

**ÁREA FORMACIÓN:** Ciencias Básicas.

**MODALIDAD:** Escolarizada.

**UNIDAD DE APRENDIZAJE:** Teoría Electromagnética.

**TIPO DE UNIDAD DE APRENDIZAJE:**

1) Teórica/ Obligatoria.

**VIGENCIA:** Junio 2009.

**NIVEL:** II.

**CRÉDITOS:** 9.0 TEPIC, 4.56 SATCA.

### INTENCIÓN EDUCATIVA

Esta unidad de aprendizaje contribuye con el perfil de egreso del Ingeniero Mecatrónico; porque proporciona los fundamentos de los dispositivos basados en los fenómenos electromagnéticos presentes en varios sistemas mecatrónicos.

Asimismo, favorece las siguientes competencias: resolución de problemas, toma de decisiones, trabajo en equipo, presentación de la información; la creatividad y la responsabilidad.

Las unidades de aprendizaje precedentes son: Cálculo Vectorial, Ecuaciones Diferenciales, Electricidad y Magnetismo. Las consecuentes es: Máquinas Eléctricas.

### PROPÓSITO DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE:

Analiza los campos electromagnéticos variables en el tiempo, los parámetros constitutivos y las condiciones a la frontera, con base en las ecuaciones de Maxwell.

### TIEMPOS ASIGNADOS

**HORAS TEORÍA/SEMANA:** 4.5

**HORAS PRÁCTICA/SEMANA:** 0.0

**HORAS TEORÍA/SEMESTRE:** 81.0

**HORAS PRÁCTICA/SEMESTRE:** 0.0

**HORAS TOTALES/SEMESTRE:** 81.0

### UNIDAD DE APRENDIZAJE

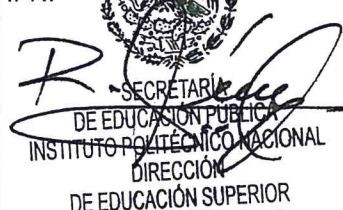
**DISEÑADA POR:** La Academia de Ciencias Básicas.

**REVISADA POR:** Subdirección Académica

**APROBADA POR:** Consejo Técnico Consultivo Escolar.

  
S. E. P.  
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA  
EN INGENIERÍA Y TEC. AVANZADAS  
DIRECCIÓN  
M. en C. Arodi Rafael Carvallo Domínguez  
Presidente del CTCE.  
22 de Febrero de 2011

**AUTORIZADO POR:** Comisión de Programas Académicos del Consejo Técnico Consultivo del IPN.

  
SECRETARÍA  
DE EDUCACIÓN PÚBLICA  
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
DIRECCIÓN  
DE EDUCACIÓN SUPERIOR  
Ing. Rodrigo de Jesús Serrano Domínguez.  
Secretario Técnico de la  
Comisión de Programas  
Académicos.  
7 de Diciembre de 2011





INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARÍA ACADÉMICA

DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR



UNIDAD DE APRENDIZAJE: Teoría Electromagnética.

HOJA: 3 DE 9

N° UNIDAD TEMÁTICA: I

NOMBRE: Medios dieléctricos, magnéticos y condiciones de frontera.

UNIDAD DE COMPETENCIA

Especifica los parámetros constitutivos y las condiciones de frontera en diferentes materiales con base a la estructura de la materia.

| No.   | CONTENIDOS  | HORAS AD Actividades de Docencia |     | HORAS TAA Actividades de Aprendizaje Autónomo |     | CLAVE BIBLIOGRÁFICA |
|-------|---|----------------------------------|-----|---|-----|---------------------|
|       |   | T                                | P   | T   | P   |                     |
| 1.1   | Polarización.   | 1.5                              |     |   |     | 1B, 8C, 9B.         |
| 1.2   | Densidades de carga ligada.                                 | 3.0                              |     | 1.5   |     |                     |
| 1.2.1 | Esfera uniformemente polarizada.                            |                                  |     |   |     |                     |
| 1.3   | Vector de desplazamiento eléctrico.                         | 1.5                              |     |   |     |                     |
| 1.4   | Clasificación de dieléctricos.                              | 3.0                              |     | 1.5   |     |                     |
| 1.4.1 | Dieléctricos isotrópicos y lineales.                        |                                  |     |   |     |                     |
| 1.4.2 | Energía electrostática en términos del vector <b>D</b> .    |                                  |     |   |     |                     |
| 1.4.3 | Condiciones de frontera para el campo Electrostático.       |                                  |     |   |     |                     |
| 1.5   | Magnetización.  | 1.5                              |     | 3.0   |     |                     |
| 1.5.1 | Densidades de corriente de magnetización.                   |                                  |     |   |     |                     |
| 1.5.2 | Esfera uniformemente magnetizada.                           |                                  |     |   |     |                     |
| 1.5.3 | El vector <b>H</b> .  |                                  |     |   |     |                     |
| 1.5.4 | Materiales magnéticos isotrópicos homogéneos y lineales.    |                                  |     |   |     |                     |
| 1.6   | Condiciones electromagnéticas de frontera.                  | 3.0                              |     |   |     |                     |
| 1.6.1 | Condiciones de frontera para campos magnetostáticos.        |                                  |     |   |     |                     |
| 1.6.2 | Condiciones de frontera para el campo electrostático.       |                                  |     |   |     |                     |
| 1.6.3 | Energía magnética y clasificación de materiales magnéticos. |                                  |     |   |     |                     |
| 1.7   | Circuitos magnéticos.                                       | 1.5                              |     |   |     |                     |
|       | Subtotales:   | 15.0                             | 0.0 | 6.0   | 0.0 |                     |

ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE

Encuadre del curso.

Esta unidad de aprendizaje se abordará mediante la estrategia de aprendizaje basado en problemas, aplicando el método analítico. Las técnicas y actividades utilizadas serán las siguientes: análisis y resolución de ejercicios individualmente y en equipo, exposiciones y discusión guiada.

EVALUACIÓN DE LOS APRENDIZAJES

Evaluación diagnóstica

Portafolio de evidencias:

|   |     |
|---|-----|
| Ejercicios resueltos                    | 25% |
| Exposición                              | 10% |
| Mesa redonda                            | 10% |
| Evaluación escrita                      | 50% |
| Autoevaluación y coevaluación (rúbrica) | 5%  |



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARÍA ACADÉMICA

DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR



UNIDAD DE APRENDIZAJE: Teoría Electromagnética.

HOJA: 4 DE 9

N° UNIDAD TEMÁTICA: II

NOMBRE: Ley de inducción de Faraday y ecuaciones de Maxwell.

**UNIDAD DE COMPETENCIA**

Modela matemáticamente a los campos eléctricos y magnéticos dependientes del tiempo con base en las Leyes de Maxwell.

| No.         | CONTENIDOS  | HORAS AD<br>Actividades<br>de Docencia |     | HORAS TAA<br>Actividades de<br>Aprendizaje<br>Autónomo |     | CLAVE<br>BIBLIOGRÁFICA |
|-------------|---|--|-----|--|-----|------------------------|
|             |   | T                                      | P   | T  | P   |                        |
| 2.1         | Ley de Faraday.   | 7.5                                    |     | 3.0  |     | 2C, 3B, 5B.            |
| 2.1.1       | Medios estacionarios.                                     |  |     |  |     |                        |
| 2.1.2       | Medios en movimientos                                     |  |     |  |     |                        |
| 2.1.3       | Motores eléctricos, generadores y transformadores.        |  |     |  |     |                        |
| 2.2         | Inductancia y autoinductancia.                            | 1.5                                    |     | 1.5  |     |                        |
| 2.3         | Ecuación de continuidad.                                  | 1.5                                    |     |  |     |                        |
| 2.4         | Densidad de corriente de desplazamiento.                  | 1.5                                    |     |  |     |                        |
| 2.4.1       | Ley de Ampere-Maxwell.                                    |  |     |  |     |                        |
| 2.5         | Ecuaciones de Maxwell.                                    | 3.0                                    |     | 6.0  |     |                        |
| 2.5.1       | Ecuaciones de Maxwell para medios isotrópicos y lineales. |  |     |  |     |                        |
| 2.5.2       | Teorema de Poyting.                                       |  |     |  |     |                        |
| Subtotales: |   | 15.0                                   | 0.0 | 10.5   | 0.0 |                        |

**ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE**

Esta unidad de aprendizaje se abordará mediante la estrategia de aprendizaje basado en problemas, aplicando el método deductivo. Las técnicas y actividades utilizadas serán las siguientes: análisis y resolución de ejercicios individualmente y en equipo, organizadores gráficos y algoritmos computacionales.

**EVALUACIÓN DE LOS APRENDIZAJES**

Portafolio de evidencias:

|   |     |
|---|-----|
| Ejercicios resueltos                    | 25% |
| Implementación de algoritmos de cómputo | 10% |
| Secuencia de hechos                     | 10% |
| Evaluación escrita                      | 50% |
| Autoevaluación y coevaluación (rúbrica) | 5%  |



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARÍA ACADÉMICA

DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR



UNIDAD DE APRENDIZAJE: Teoría Electromagnética.

HOJA: 5 DE 9

N° UNIDAD TEMÁTICA: III

NOMBRE: Ecuación de onda para el campo electromagnético.

**UNIDAD DE COMPETENCIA**

Especifica las características de la onda plana armónica en materiales con base en las relaciones constitutivas de los campos electromagnéticos.

| No.         | CONTENIDOS  | HORAS AD<br>Actividades de<br>Docencia |     | HORAS TAA<br>Actividades<br>de<br>Aprendizaje<br>Autónomo |     | CLAVE<br>BIBLIOGRÁFICA |
|-------------|---|--|-----|---|-----|------------------------|
|             |   | T                                      | P   | T   | P   |                        |
| 3.1         | Campos con dependencia armónica en el tiempo.   | 3.0                                    |     | 1.5   |     | 6B, 7C, 8C.            |
| 3.2         | Ecuación de onda para el campo eléctrico y magnético.                                 |  |     | 4.5   |     |                        |
| 3.2.1       | Número de onda, longitud de onda y relación de dispersión.                            |  |     |   |     |                        |
| 3.2.2       | Sistema de mano derecha del campo electromagnético.                                   |  |     |   |     |                        |
| 3.2.3       | Criterio para determinar medios dieléctricos no ideales con disipación y conductores. |  |     |   |     |                        |
| 3.3         | Resolución de la ecuación de onda para medios no conductores.                         | 1.5                                    |     | 3.0   |     |                        |
| 3.3.1       | Ondas electromagnéticas en espacio libre.   |  |     |   |     |                        |
| 3.3.2       | Ondas electromagnéticas en medios dieléctricos  |  |     |   |     |                        |
| 3.4         | Resolución de la ecuación de onda para medios conductores.                            | 3.0                                    |     | 4.5   |     |                        |
| 3.4.1       | Constante de atenuación, decibels y profundidad pelicular.                            |  |     |   |     |                        |
| 3.4.2       | Impedancia intrínseca.  |  |     |   |     |                        |
| 3.4.3       | Tangente de pérdida.  |  |     |   |     |                        |
| Subtotales: |   | 7.5                                    | 0.0 | 13.5  | 0.0 |                        |

**ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE**

Esta unidad de aprendizaje se abordará mediante la estrategia de aprendizaje basado en problemas, aplicando los métodos inductivo y analógico. Las técnicas y actividades utilizadas serán las siguientes: análisis y resolución de ejercicios individualmente y en equipo, organizadores gráficos e indagación bibliográfica.

**EVALUACIÓN DE LOS APRENDIZAJES**

Portafolio de evidencias:

|  |     |
|--|-----|
| Ejercicios resueltos                           | 25% |
| Reporte del análisis de fuentes bibliográficas | 10% |
| Esquemas                                       | 10% |
| Evaluación escrita                             | 50% |
| Autoevaluación y coevaluación (rúbrica)        | 5%  |





INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARÍA ACADÉMICA

DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR



UNIDAD DE APRENDIZAJE: Teoría Electromagnética.

HOJA: 6 DE 9

N° UNIDAD TEMÁTICA: IV

NOMBRE: Propagación de ondas electromagnéticas.

**UNIDAD DE COMPETENCIA**

Explica la propagación del campo electromagnético para diferentes condiciones de frontera con base en los principios del electromagnetismo.

| No.   | CONTENIDOS  | HORAS AD<br>Actividades de<br>Docencia |     | HORAS TAA<br>Actividades<br>de<br>Aprendizaje<br>Autónomo |     | CLAVE<br>BIBLIOGRÁFICA |
|-------|---|--|-----|---|-----|------------------------|
|       |   | T                                      | P   | T   | P   |                        |
| 4.1   | Condiciones de frontera del campo electromagnético. | 1.5                                    |     | 1.5   |     | 4C, 8C, 9B.            |
| 4.2   | Incidencia normal de ondas electromagnéticas.       |  |     | 4.5   |     |                        |
| 4.2.1 | Incidencia normal en medios no conductores.         |  |     |   |     |                        |
| 4.2.2 | Reflectancia y transmitancia.                       |  |     |   |     |                        |
| 4.2.3 | Incidencia normal en medios conductores.            |  |     |   |     |                        |
| 4.2.4 | Coeficientes de reflexión y tansmisión.             |  |     |   |     |                        |
| 4.3   | Incidencia oblicua.                                 | 1.5                                    |     | 4.5   |     |                        |
| 4.3.1 | Polarización paralela y polarización perpendicular. |  |     |   |     |                        |
| 4.3.2 | Ecuaciones de Fresnel.                              |  |     |   |     |                        |
| 4.3.3 | Ángulo de Brewster.                                 |  |     |   |     |                        |
|       | Subtotales:   | 3.0                                    | 0.0 | 10.5  | 0.0 |                        |

**ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE**

Esta unidad de aprendizaje se abordará mediante la estrategia de aprendizaje basado en problemas, aplicando los métodos analítico y deductivo. Las técnicas y actividades utilizadas serán las siguientes: análisis y resolución de ejercicios individualmente y en equipo, discusión guiada e indagación bibliográfica.

**EVALUACIÓN DE LOS APRENDIZAJES**

Portafolio de evidencias:

|  |     |
|--|-----|
| Ejercicios resueltos                           | 25% |
| Reporte del análisis de fuentes bibliográficas | 10% |
| Mesa redonda                                   | 10% |
| Evaluación escrita                             | 50% |
| Autoevaluación y coevaluación (rúbrica)        | 5%  |



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARÍA ACADÉMICA

DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR



UNIDAD DE APRENDIZAJE: Teoría Electromagnética

HOJA: 7 DE 9

| PERÍODO  | UNIDAD | PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN |     |
|--|--------|-----------------------------|-----|
| 1  | I y II | Evaluación continua         | 50% |
|  |        | Evaluación escrita          | 50% |
| 2  | III    | Evaluación continua         | 50% |
|  |        | Evaluación escrita          | 50% |
| 3  | IV     | Evaluación continua         | 50% |
|  |        | Evaluación escrita          | 50% |
| <p>Los porcentajes con los que cada unidad temática contribuyen a la evaluación final son:</p> <p>La unidad I aporta el 25% de la calificación final.</p> <p>La unidad II aporta el 25% de la calificación final.</p> <p>La unidad III aporta el 25% de la calificación final.</p> <p>La unidad IV aporta el 25% de la calificación final.</p> <p>Esta unidad de aprendizaje también se puede acreditar mediante:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Evaluación de saberes previamente adquiridos con base en los lineamientos que establezca la Academia.</li><li>• Acreditación en otra unidad académica del IPN u otra institución educativa, nacional o internacional, externa al IPN, con la cual se tenga convenio.</li></ul> |        |                             |     |



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARÍA ACADÉMICA

DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR



UNIDAD DE APRENDIZAJE: Teoría Electromagnética.

HOJA: 8 DE 9

| CLAVE | B | C | BIBLIOGRAFÍA   |
|-------|---|---|--|
| 1     | X |   | Cheng D. K. (1998). Fundamentos de electromagnetismo para ingeniería (2ª Edición). México: Pearson Universitario ISBN: 978-9684443273.*                              |
| 2     |   | X | Feynman R., Leighton R. B. & Sands M. (1998). Física. Vol. 2 Electromagnetismo y materia (1ª Edición). México: Alhambra Mexicana S. A. ISBN: 978-9684443495.*        |
| 3     | X |   | Hayt W. H. & Buck J. A. (2005). Engineering electromagnetics with CD (7 <sup>th</sup> Edition). USA: McGraw Hill. ISBN: 978-0073104638.                              |
| 4     |   | X | Lorrain P., Corson D. R. & Lorrain F. (1988). Electromagnetic fields and waves (3 <sup>rd</sup> Edition). USA: W. H. Freeman and Company. ISBN: 978-0716718239.*     |
| 5     | X |   | Reitz J. R., Milford F. J. & Christy R. W. (2008). Foundations of electromagnetic theory (4 <sup>th</sup> Edition). USA: Addison Wesley. ISBN: 978-0321581747.       |
| 6     | X |   | Sadiku M. N. O. (2009). Elements of electromagnetics (5 <sup>th</sup> Edition). USA: Oxford University Press. ISBN: 978-0195387759.                                  |
| 7     |   | X | Singh G. & Hiziroglu H. (2004). Electromagnetic field theory fundamentals (2 <sup>nd</sup> Edition). UK: Cambridge University Press. ISBN: 978-0534955045.           |
| 8     |   | X | Ulaby F. T., Michielssen E. & Ravaioli (2010). Fundamentals of applied electromagnetics (6 <sup>th</sup> Edition). USA: Pearson Prentice Hall. ISBN: 978-0132139311. |
| 9     | X |   | Wangsness R. K. (1998). Campos electromagnéticos (1ª Edición). México: Limusa. ISBN: 978-9681813161.*<br><br>* Libro clásico.  |





INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARÍA ACADÉMICA



DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR

PERFIL DOCENTE POR UNIDAD DE APRENDIZAJE

1. DATOS GENERALES

UNIDAD ACADÉMICA: UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA EN INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS AVANZADAS.

PROGRAMA ACADÉMICO: Ingeniería Mecatrónica.

NIVEL II

ÁREA DE FORMACIÓN:

Institucional

Científica  
Básica

Profesional

Terminal y de  
Integración

ACADEMIA: Ciencias Básicas

UNIDAD DE APRENDIZAJE: Teoría Electromagnética

ESPECIALIDAD Y NIVEL ACADÉMICO REQUERIDO:

Licenciado o ingeniero en física o áreas afines con maestría en ciencias o doctorado.

PROPÓSITO DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE: Analiza los campos electromagnéticos variables en el tiempo, los parámetros constitutivos y las condiciones a la frontera, con base en las ecuaciones de Maxwell.

2.-PERFIL DOCENTE:

| CONOCIMIENTOS  | EXPERIENCIA PROFESIONAL  | HABILIDADES   | ACTITUDES   |
|--|--|---|---|
| Fuerzas y Campos Eléctricos, Potencial Eléctrico y Capacitancia, Corriente y Resistencia, y Campos Magnéticos. | Docente en el nivel superior en física, o en electricidad o magnetismo o áreas afines. | En el análisis de fenómenos físicos, en la investigación, en la docencia, en la expresión oral y escrita. | Responsabilidad<br>Tolerancia<br>Honestidad<br>Respeto<br>Compromiso social y compromiso académico. |

ELABORÓ

Jorge Pérez Hernández

M. en C. Jorge Pérez Hernández  
Presidente de Academia

REVISÓ

Jorge Fonseca Campos

M. en C. Jorge Fonseca Campos  
Enc. de la Subdirección Académica

AUTORIZÓ

Rafael Carrillo Domínguez  
M. en C. Rafael Carrillo Domínguez  
Director de la Unidad Académica

DIRECCIÓN